

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. März 2001 (29.03.2001)

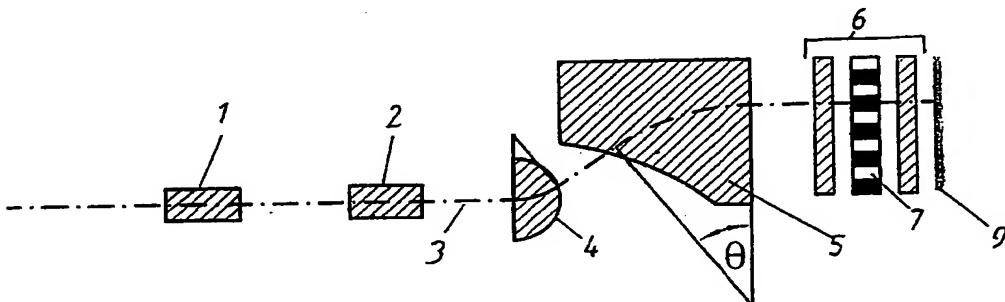
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/22469 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01J 37/30, (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CEOS CORRECTED ELECTRON OPTICAL SYSTEMS GMBH [DE/DE]; Englerstrasse 28, 69126 Heidelberg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02797 (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmelddatum: 16. August 2000 (16.08.2000) (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ROSE, Harald [DE/DE]; Hochschulstrasse 6, 64289 Darmstadt (DE). SCHMID, Peter [DE/DE]; Hochschulstrasse 6, 64289 Darmstadt (DE). JANZEN, Roland [DE/DE]; Hochschulstrasse 6, 64289 Darmstadt (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: PÖHNER, Wilfried; Röntgenring 4, Postfach 63 23, 97070 Würzburg (DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.
- (30) Angaben zur Priorität:
199 44 857.4 18. September 1999 (18.09.1999) DE [Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Titel: ELECTRON-OPTICAL LENS ARRANGEMENT WITH AN AXIS THAT CAN BE LARGELY DISPLACED

(54) Bezeichnung: ELEKTRONENOPTISCHE LINSENANORDNUNG MIT WEIT VERSCHIEBBARER ACHSE



(57) Abstract: The invention relates to an electron-optical lens arrangement with an axis that can be largely displaced, especially for electron lithography. The inventive arrangement comprises a cylinder lens and a quadrupole field. The plane of symmetry of said quadrupole field extends in the mid-plane of the gap pertaining to the cylinder lens. The focussing level of the quadrupole is oriented in the direction of the gap. The amount of the focussing refractive power belonging to the cylinder lens is twice as high as the amount of the quadrupole. A deflection system for the charged particles is connected upstream in the level of the gap pertaining to the cylinder lens and several electrodes or pole shoes which generate a quadrupole field are provided in the direction of the gap pertaining to the cylinder lens. Said electrodes or pole shoes can be individually and preferably successively excited and the quadrupole field can be displaced according to the deflection of the particle beam in such a way that the particle beam impinges upon the area of the quadrupole field. A holding device is provided for the object. Said device is arranged vertical in relation to the optical axis and can be displaced in relation to the direction of the gap pertaining to the cylinder lens.

WO 01/22469 A1

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektronenoptische Linsenanordnung mit weit verschiebbarer Achse, insbesondere für die Elektronenlithographie, mit einer Zylinderlinse und einem Quadrupolfeld, dessen Symmetrieebene in der Mittelebene des Spaltes der Zylinderlinse verläuft, wobei die fokussierende Ebene des Quadrupols in Richtung des Spaltes ausgerichtet ist und die fokussierende Brechkraft der Zylinderlinse betragsmäßig doppelt so groß wie die des Quadrupols ist, wobei ein Ablenksystem für die geladenen Teilchen in der Ebene des Spaltes der Zylinderlinse vorgeschaltet ist und in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse mehrere, ein Quadrupolfeld erzeugende Elektroden bzw. Polschuhe vorhanden sind, die individuell und vorzugsweise sukzessive erregbar sind und das Quadrupolfeld

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

entsprechend der Ablenkung des Teilchenstrahles derart verschoben wird, daß der Teilchenstrahl im Bereich des Quadrupolfeldes auftrifft sowie eine Halterung für das Objekt vorhanden ist, die senkrecht zur optischen Achse und zur Richtung des Spaltes der Zylinderlinse verschiebbar ist.

Elektronenoptische Linsenanordnung mit weit verschiebbarer Achse

5 Die Erfindung bezieht sich auf eine elektronenoptische Linsenanordnung mit weit verschiebbarer Achse, insbesondere für die Elektronenlithographie, mit einer Zylinderlinse und einem Quadrupolfeld, dessen Symmetrieebene in der Mittelebene des Spaltes der

10 Zylinderlinse verläuft, wobei die fokussierende Ebene des Quadrupols in Richtung des Spaltes ausgerichtet ist und die fokussierende Brechkraft der Zylinderlinse betragsmäßig doppelt so groß wie die des Quadrupols ist,

15 Eine der Hauptanwendungsgebiete der Elektronenstrahlolithographie ist die Herstellung elektronischer Bauelemente und integrierter Schaltungen auf der Oberfläche scheibenförmiger Halbleiterkristalle (Wafer). Deren angestrebte Verkleinerung erfordert das Schreiben von Strukturen möglichst minimaler Größe. Der entscheidende Vorteil gegenüber der optischen Lithographie besteht darin, daß die Wellenlängen der Elektronen im Vergleich zum Licht wesentlich geringer sind und somit die Abbildung kleinerer Strukturen erlaubt. Des Weiteren besitzen Elektronenstrahlschreiber die Fähigkeit sehr kleine Strukturen schnell zu schreiben, haben jedoch gegenüber lichtoptischen Projektionen den Nachteil der längeren Belichtungszeit, das Erfordernis der Herstellung eines guten Vakuums und eines in der Bildebene schnell und präzise bewegbaren Tisches, wobei sich diese Forderung daraus ergibt, daß die

20

25

30

- 2 -

bekannten elektronenoptischen Ablenkelementen den Strahl nur im Millimeterbereich fehlerarm auszulenken vermögen. Aus diesem Grunde wird die Elektronenstrahllithographie bislang vor allem für die
5 Herstellung von Masken zur optischen Lithographie und für die Herstellung von Custom Chips verwendet, bei denen die benötigte Zeit von untergeordneter Bedeutung ist.

10 Von Goto und Soma, veröffentlicht in der Zeitschrift "Optik" 48, 255 - 270 MOL (moving objective lense), 1977, wird der Vorschlag gemacht, einem Rundlinsenfeld Ablenfelder zu überlagern durch die sich das Bildfeld erweitern läßt, was noch nicht ausreicht um ein Bildfeld von der Ausdehnung eines
15 Wafers zu erhalten, so daß nach wie vor der Bohrungsdurchmesser der Rundlinse das nutzbare Bildfeld in entscheidender Weise begrenzt. Zudem ist weiterhin eine in einer Ebene senkrecht zum Elektronenstrahl zweidimensional bewegliche Werkstückhalterung erforderlich, von der die Leistungsfähigkeit des Systems und die minimale Größe der erzeugbaren Strukturen von der Bewegungsgenauigkeit abhängt und die Bewegungsgeschwindigkeit der Halterung die maximale Schreibgeschwindigkeit bestimmt.
20
25

Zur Fokussierung geladener Teilchen sind Zylinderlinsen bekannt (H. Rose, Optik 36, 1971, Seite 19 - 36), bei denen die Elektroden bzw. Poloschuhe zur Erzeugung des elektrischen bzw. magnetischen Feldes eine spaltförmige Öffnung aufweisen, deren Längsachse senkrecht zur optischen Achse ausgerichtet ist, wobei diese mit der optischen Achse eine
30

- 3 -

Ebene aufspannt, die die Mittelebene der Zylinderlinsenanordnung beschreibt. Eine stigmatische Abbildung ist mit Hilfe von Zylinderlinsen prinzipiell unmöglich, da lediglich senkrecht zur Spaltrichtung eine fokussierende Wirkung eintritt, wohingegen die Bewegungskomponenten der abzubildenden geladenen Teilchen parallel des Spaltes keine Ablenkung erfahren (oder umgekehrt). Die erhaltenen stabförmigen astigmatischen Punktbilder sind zur Abbildung ungeeignet. Aus der PCT/DE 97/05518 ist eine elektronenoptische Linsenanordnung bekannt, bei welcher die Zylinderlinse eine Quadrupolfeld überlagert und derart zugeordnet wird, daß die fokussierende Ebene des Quadrupoles in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse ausgerichtet ist und demzufolge die defokussierende Ebene senkrecht dazu bei koaxialen optischen Achsen verläuft. Demnach erfolgt die Fokussierung in der einen, der Spaltebenen durch das Quadrupolfeld und in der senkrecht hierzu verlaufenden Ebene durch die Zylinderlinse, deren Stärke so einzustellen ist, daß eine Eliminierung des defokussierenden Anteiles des Quadrupolfeldes eintritt. Wird die fokussierende Wirkung in beiden senkrecht zueinander verlaufenden Ebenen gleich einjustiert ergeben die Kombination der beiden Linsen stigmatische Abbildungen.

Hierz von ausgehend hat sich die Erfindung die Schaffung einer elektronenoptischen Linsenanordnung zur Aufgabe gemacht, welche in einer Richtung einen sehr großen Arbeitsbereich aufweist und den Strahl auch in den weit von der Mitte entfernten Bereichen

im wesentlichen stets senkrecht auf das Objekt auf-treffen läßt.

5 Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, daß ein Ablenksystem für die geladenen Teilchen in der Ebene des Spaltes der Zylinderlinse vorgeschaltet ist und

10 - in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse mehrere, ein Quadrupolfeld erzeugende Elektroden bzw. Polschuhe vorhanden sind, die individuell und vor-zugsweise sukzessive erregbar sind und

15 - das Quadrupolfeld entsprechend der Ablenkung des Teilchenstrahles derart verschoben wird, daß der Teilchenstrahl im Bereich des Quadrupolfeldes auf-trifft sowie

20 - eine Halterung für das Objekt vorhanden ist, die senkrecht zur optischen Achse und zur Richtung des Spaltes der Zylinderlinse verschiebbar ist.

25 Der Kerngedanke der Erfindung besteht darin, der aus Zylinderlinse und Quadrupolfeld bestehenden elektronenoptischen Linsenanordnung ein Ablenksy-tem vorzuschalten, welches den in aller Regel aus

Elektronen bestehenden Teilchenstrahl im wesentli-chen achsparallel und in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse verschiebt und das Quadrupolfeld im Auftreffpunkt des Teilchenstrahles innerhalb der Linsenanordnung erzeugt wird. Die räumliche Ver-

30 schiebung des Quadrupolfeldes erfolgt auf elektro-nischem Wege, d. h. das Quadrupolfeld wird im Be-reich des Auftreffpunktes des Teilchenstrahles durch Beaufschlagung der dort befindlichen Elektro-

den (bei elektrischen Linsen) oder Polschuhen (bei magnetischen Linsen) erregt. Für die konkrete bauliche Realisierung sind grundsätzlich zwei Prinzipien denkbar: Zum einen läßt sich das Quadrupolfeld diskontinuierlich in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse sprunghaft verschieben, so daß bei stetigem Verschieben des Teilchenstrahles dieser in der Regel etwa außerhalb der Achse des Quadrupolfeldes durch die Linsenanordnung tritt. Diese geringen Abweichungen von der Achse des Quadrupolfeldes geben Anlaß zum Entstehen elektronenoptischer Bildfehler, die aufgrund der geringen Abweichungen jedoch so klein sind, daß sie die Qualität der optischen Abbildung nicht nennenswert zu beeinträchtigen vermögen. Daneben sind auch Anordnungen denkbar, bei denen synchron zur Ablenkung des Teilchenstrahles und somit kontinuierlich das Quadrupolfeld in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse verschoben wird. Eine entsprechende Justierung läßt erreichen, daß der Teilchenstrahl exakt in der Achse des Quadrupolfeldes verläuft, so daß ein Auftreten von aufgrund des außeraxialen Durchtritts des Teilchenstrahles durch Quadrupolfeld erzeugte Bildfelder unterbleiben. Aufgrund der Tatsache, daß die Erzeugung des Quadrupolfeldes die baulich konstruktive Anordnung von Elektroden bzw. Polschuhen vorsehen, die einen Eigenplatzbedarf erfordern und demzufolge in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse von endlicher Ausdehnung sind, erweist sich die Verschiebung des Quadrupolfeldes in infinitesimal kleinen Schritten als theoretisch erwünscht, in der Praxis jedoch nur als approximierbar. Der Teilchenstrahl wird bei der vorgeschlagenen Anordnung auch in den

- 6 -

von der Objektmitte weit entfernten Bereichen im wesentlichen senkrecht und in unveränderter optischer Abbildungsqualität auf das Objekt auftreffen. Ohne Qualitätseinbuße ist somit eine Verschiebung des Teilchenstromes über einen Bereich möglich, wie er durch die Breite des Spaltes der Zylinderlinse begrenzt wird. Das Ergebnis ist, daß sich eine exakte optische Abbildung entlang einer in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse verlaufenden Geraden vornehmen läßt. Die durch die Bohrung der Rundlinien bedingte Einschränkung des Bildfeldes entfällt.

Gegenüber den bisherigen Anordnungen der Elektronenlithographie zum Beschreiben des Objektes, bei denen eine zweidimensionale Verschiebung senkrecht zum Elektronenstrahl auf mechanischem Wege unabdingbar war, was bekanntlich eine erhebliche Einschränkung der Leistungsfähigkeit zur Folge hat, ist das Objekt nurmehr noch in einer Richtung senkrecht zum Spalt der Zylinderlinse, jedoch weiterhin in einer senkrecht zur optischen Achse verlaufenden Ebene und demzufolge nur noch eindimensional zu verschieben. Eine eindimensionale Verschiebung zu dem bei geringerer Geschwindigkeit läßt ein wesentlich präziseres Arbeiten zu.

Die Benutzung geschieht im wesentlichen in an sich bekannter Weise indem das Objekt, bei dem es sich im Falle einer Elektronenlithographie häufig um einen Halbleiterwafer handeln wird, eindimensional senkrecht zur optischen Achse und auch zum Spalt der Zylinderlinse mechanisch verschiebbar fixiert wird. Senkrecht hierzu erfolgt das Beschreiben

- 7 -

durch den Teilchenstrahl mit Hilfe der vorbeschriebenen elektronenoptischen Linsenanordnung in einem sehr langen linienförmigen Bereich, der in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse verläuft und entlang dem eine gute stigmatische Abbildung aller Punkte möglich wird. Mit der vorbeschriebenen Anordnung kann bei einer Auflösung von 0,025 Mikrometer und einem Achsabstand von 5 mm eine verzeichnungsfreie Abbildung erfolgen. Im Ergebnis erhält man eine deutliche Vergrößerung des in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse verlaufenden linienförmig abgebildeten Bereiches hoher optischer Qualität. Senkrecht hierzu, d. h. in Verschieberichtung des Objektes wird die Abbildungsqualität durch die Verschiebegenaugigkeit der Mechanik weiterhin bestimmt, wobei darauf hinzuweisen bleibt, daß die Eindimensionalität und das langsamere Verschieben ein wesentlich präziseres Arbeiten der Mechanik zuläßt.

Im Rahmen der Erfindung steht grundsätzlich frei, ob Quadrupol- und/oder Zylinderfeld elektronisch oder magnetisch erzeugt werden. Als zweckmäßig wurde erkannt, daß Zylinder- und/oder insbesondere das zu verschiebende Quadrupolfeld elektrisch zu wählen, weil dann unter Umgehung von Remanenzen und Wirbelströmen eine schnelle Feldverschiebung möglich ist.

Zur konkreten Realisierung des in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse verschiebbaren elektrischen Quadrupolfeldes wird die Mittelelektrode der Zylinderlinse in Richtung des Spaltes in einzelne

- 8 -

5 elektrisch gegeneinander isolierte Einzelelektroden unterteilt, die individuell ansteuerbar sind. Zur Verschiebung und zur Erzeugung des gewünschten elektrischen Feldes werden sukzessive die Einzel-
elektroden unter entsprechende Spannung gesetzt.
Das sukzessive Ansteuern der benachbarten Elektro-
den bewirkt die gewünschte Verschiebung.

10 15 Zur Reduzierung vieler, aufgrund der krummen opti-
schen Achse hervorgerufenen Bildfehler zweiter Ord-
nung ist bevorzugt, die Felder und daraus resultie-
rend die Fundamentalbahnen symmetrisch zur Mittele-
bene der Linse zu wählen.

20 25 Bislang beschrieben wurde eine Anordnung, bei der
eine einzige Quelle (Elektronenquelle) den Teil-
chenstrahl zur Beschreibung des Objektes erzeugt
und in der vorbeschriebenen Weise ablenkt. Eine we-
sentliche Verbreiterung des Bildfeldes in Richtung
der fehlerfrei abbildenden, in Richtung des Spaltes
der Zylinderlinse verlaufenden Gerade läßt sich da-
durch erreichen, daß mehrere der vorbeschriebenen
Anordnungen parallel zueinander und in Richtung des
Spaltes der Zylinderlinse nebeneinander angeordnet
werden, in der Weise, daß sich der Abbildungsbe-
reich benachbarter Anordnungen überlappt oder doch
zumindest aneinander anschließt. Bei N gleicharti-
gen Anordnungen läßt sich dann eine N-fache Bild-
breite erzielen. Aufgrund der Möglichkeit des syn-
chronen Arbeitens jeder einzelnen Anordnung ver-
bleibt es bei der Schreibdauer, die eine Einzelan-
ordnung benötigt.

Eine weitere Möglichkeit der Verkürzung der Schreibdauer läßt sich dadurch erreichen, daß mehrere der vorbeschriebenen Anordnungen senkrecht zur Richtung des Spaltes und damit übereinander angeordnet sind. Hierdurch erreicht man, daß das Objekt gleichzeitig in mehreren, in Bewegungsrichtung des Objektes hintereinander liegenden Bereichen beschrieben wird, sodaß ein Teilchenstrahl nur einen einzigen Teilbereich abzudecken hat. Die Verschiebung des Objektes hat nur so zu erfolgen, daß der Strahl nur den ihm zugeordneten Bereich abdecken muß.

Die in der Spaltebene der Zylinderlinse wirkenden und diesen vorgeschalteten Ablenksysteme sollen ein möglichst senkrechttes Auftreffen auf das Objekt sicherstellen, d.h. der Teilchenstrahl ist achsparallel zu versetzen. Aus diesem Grunde empfiehlt sich das Ablenksystem aus zwei in Richtung des Teilchenstrahles hintereinander angeordneten Elementen aufzubauen, die in zwei gegensätzliche Richtungen ablenken, d.h. der Strahl wird im ersten Element von der optischen Achse weg ausgelenkt und im zweiten Element achsparallel ausgerichtet. Hierbei ist die räumliche Anordnung der Elemente zueinander und zur Zylinderlinse grundsätzlich beliebig. Eine einfache bauliche Realisierung könnte darin bestehen, im Eingangsbereich der Zylinderlinse das zweite Element durch Anbringung eines Dipoles anzurufen. Wichtig ist, bei unterschiedlichen Ablenkungen die Paraxialität des Strahles zu gewährleisten. Im allgemeinsten Fall ist die Frage der Umsetzung der Ablenkung, sei es durch elektrische oder magnetische

- 10 -

Felder, grundsätzlich beliebig.

5 Im Hinblick auf das der Linsenanordnung vorgeschalteten Ablenksystems wird eine Realisierung als bevorzugt angesehen, in der neben einem statischen magnetischen ein zweites in Richtung des Strahlenganges vorgeschaltetes zeitlich verändertes Magnetfeld vorgesehen wird. Durch unterschiedliche Beaufschlagung des letzteren wird der Teilchenstrahl
10 achsparallel in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse verschoben.

15 Von Vorteil ist, die Formung des Polschuhs des statischen Magnetfeldes so zu wählen, daß unabhängig von der Ablenkung des austretenden Teilchenstromes durch das vorgeschaltete Magnetfeld stets Paraxialität zum einfallenden Teilchenstrom erzeugt wird.

20 Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung lassen sich dem nachfolgenden Beschreibungsteil entnehmen, in dem anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert ist. Es zeigen:

25

Figur 1: ein in schematischer Darstellung gehaltenes Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Linsenanordnung

30

Figur 2: N Anordnungen in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse nebeneinander.

Die in Figur 1 wiedergegebene Linsenanordnung lässt

- 11 -

sich in ihrem grundsätzlichen Aufbau in drei Bereichen unterteilen:

- 5 Der Teilchenstrom geht aus von Elementen, die die geladenen Teilchen, z. B. die Elektronen, erzeugen - dies geschieht im Element 1 - und anschließend zur Erzeugung eines Strahles fokussieren (Element 2). Dabei ist die einen gekrümmten Verlauf zeigende optische Achse (3) in strich-punktierter Linienführung wiedergegeben.
- 10 Nach dem Bereich der Teilchenerzeugung schließt sich der der Ablenkung an, welcher in Richtung des Strahlenganges aus einem ersten Magnetfeld (4) und einem sich daran anschließenden zweiten Magnetfeld (5) zusammensetzt, wobei im ersten Feld (4) durch Veränderung der Magnetfeldstärke eine unterschiedliche Ablenkung erzeugt wird und durch das weitere, jedoch statische Magnetfeld (5) eine im wesentlichen paraxiale Ausrichtung des Teilchenstromes erfolgt. Im Ergebnis erhält man aufgrund des Ablenksystems (4, 5) einen in seinem Abstand zur Mittelachse einstellbaren paraxialen Versatz.
- 15 Die eigentliche Abbildung erfolgt im letzten Bereich, der aus einer Zylinderlinse (6) mit einer als Kammlinse ausgebildeten Mittelelektrode (7) aufgebaut ist. Durch sukzessives Beaufschlagen der einzelnen Elektroden mit einer Spannung geeigneten Größe lässt sich an unterschiedlichen Stellen ein Quadrupolfeld erzeugen. Die Ansteuerung hat derart zu erfolgen, daß im Auftreffpunkt des Teilchenstrahles ein Quadrupolfeld erregt wird mit einer solchen Stärke, daß eine Fokussierung des in Richtung des Spaltes verlaufenden Ebene auf den Bildpunkt eintritt und in der senkrecht hierzu verlau-
- 20
- 25
- 30

- 12 -

fenden Ebene aufgrund der Überlagerung des Feldes von Zylinderlinse und Quadrupol und geeigneter Einstellung des Zylinderfeldes ebenfalls eine Fokussierung auf demselben Bildpunkt stattfindet, so daß 5 eine stigmatische Abbildung vorliegt. Durch sukzessives Ablenken des Teilchenstromes und entsprechendes Verschieben des Quadrupolfeldes wird in einer sich über die gesamte Breite des Spaltes erstreckenden Gerade eine stigmatische Abbildung möglich. 10 Um das flächenhafte Beschreiben des mit "Wafer" bezeichneten Objektes (9) zu erhalten, muß dieser in einer senkrecht zur optischen Achse verlaufenden Ebene und zwar senkrecht zur Richtung des Spaltes verschoben werden. Im Vergleich zum Stand der Technik ist nunmehr eine eindimensionale und relativ 15 schnelle Verschiebung des Objektes vonnöten.

Figur 2 zeigt eine Linsenanordnung mit drei parallel zueinander angeordneten Vorrichtungen vorbeschriebener Art. Eingezeichnet sind drei Bündel 20 (3a, 3b, 3c), die durch ein als Kondensator charakterisiertes Ablenksystem (4, 5) in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse (6) verschoben wird. Dabei schließen sich die Felder aneinander an. Die 25 Zylinderlinse (6) besteht aus einer kammartigen Mittelelektrode (7), die sukzessive und individuell zur Erzeugung von Quadrupolfeldern beaufschlagt werden. Im Gegensatz zu der in Figur 1 beschriebenen Anordnung ist der Teilchenstrom gegen die optische Achse durch die Zylinderlinsenanordnung hindurch leicht geneigt. In bekannter Weise trifft der 30 Teilchenstrom dann auf das als Wafer bezeichnete Objekt (9) auf. Im Ergebnis erhält man ein be-

- 13 -

schreibbares Bildfeld, das bei N Anordnungen ein
Bildfeld ergibt, daß das N-fache des Scanbereiches
einer einzigen Linsenanordnung entspricht. Eine
weitere Vergrößerung des Bildfeldes in Richtung des
5 Spaltes der Zylinderlinse ist das Resultat.

- 14 -

P A T E N T A N S P R Ü C H E

5

1. Elektronenoptische Linsenanordnung mit weit verschiebbarer Achse, insbesondere für die Elektronenlithographie, mit einer Zylinderlinse (6) und einem Quadrupolfeld, dessen Symmetrieebene in der Mittelebene des Spaltes der Zylinderlinse (6) verläuft, wobei die fokussierende Ebene des Quadrupols in Richtung des Spaltes ausgerichtet ist und die fokussierende Brechkraft der Zylinderlinse betragsmäßig doppelt so groß wie die des Quadrupols ist, dadurch gekennzeichnet, daß
 - ein Ablenksystem (4, 5) für die geladenen Teilchen in der Ebene des Spaltes der Zylinderlinse (6) vorgeschaltet ist und
 - in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse (6) mehrere, ein Quadrupolfeld erzeugende Elektroden bzw. Polschuhe vorhanden sind, die individuell und vorzugsweise sukzessive erregbar sind und
 - das Quadrupolfeld entsprechend der Ablenkung des Teilchenstrahles derart verschoben wird, daß der Teilchenstrahl im Bereich des Quadrupolfeldes auftrifft sowie
 - eine Halterung für das Objekt (9) vorhanden ist, die senkrecht zur optischen Achse und zur Richtung des Spaltes der Zylinderlinse (6) verschiebbar ist.

2. Linsenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

- 15 -

zeichnet, daß das Zylinder- (6) und/oder Quadrupolfeld elektrisch sind.

- 5 3. Linsenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittelelektrode (7) der Zylinderlinse (6) in Richtung des Spaltes in einzelne elektrisch gegeneinander isolierte Bereiche unterteilt ist, die individuell ansteuerbar sind
10 (Kammlinse).
- 15 4. Linsenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Felder symmetrisch zur Mittelebene der Linse verlaufen.
- 20 5. Linsenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mehrere Anordnungen in Richtung des Spaltes der Zylinderlinse (6) nebeneinander und aneinander anschließend.
- 25 6. Linsenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mehrere Anordnungen senkrecht zur Richtung des Spaltes übereinander.
- 30 7. Linsenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ablenk- system aus zwei in Richtung des Teilchenstrahls hintereinander angeordneten und in gegensätzliche Richtungen ablenkenden Elementen besteht, durch die

- 16 -

eine achsparallele Strahlversetzung erzeugt wird.

5 8. Linsenanordnung nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Abblenksystem (4, 5) aus einem statischen magnetischen (5) und einem zweiten, in Richtung des Strahleinganges vorgeschalteten zeitlich veränderlichen Magnetfeld (4) aufgebaut ist.

10

15 9. Linsenanordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Formung des Polschuhs des statischen Magnetfeldes (5) derart gewählt ist, daß unabhängig von der Ablenkung der austretende Teilchenstrom parallel zum einfallenden Teilchenstrom verläuft.

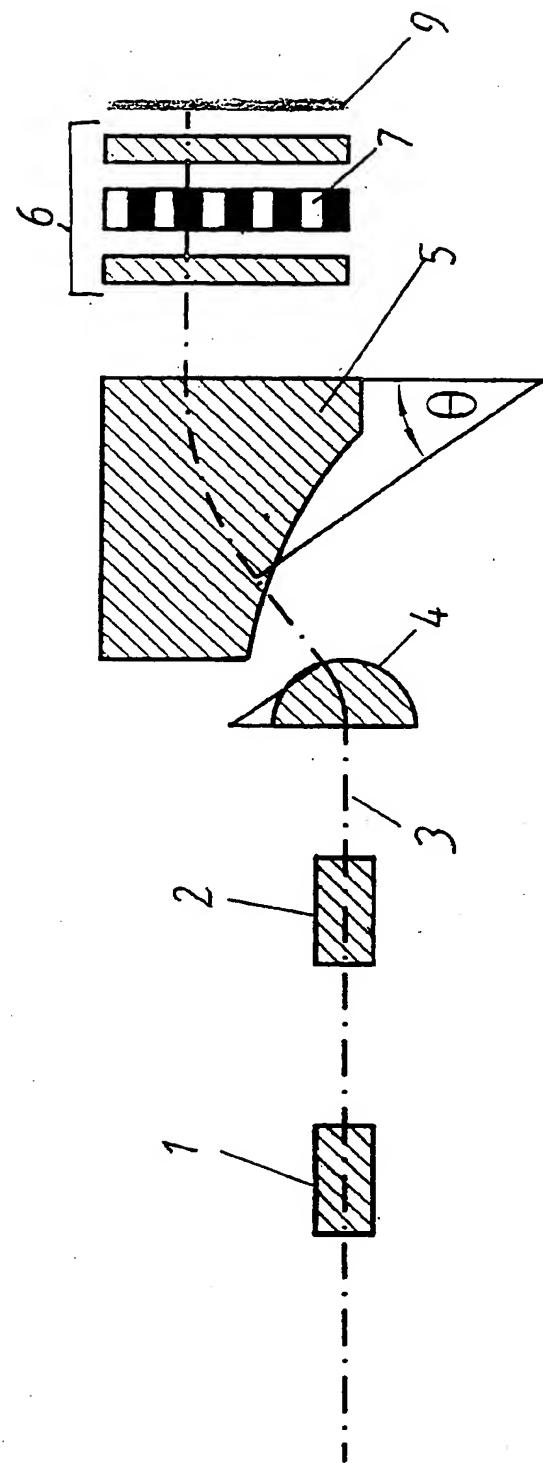


Fig. 1

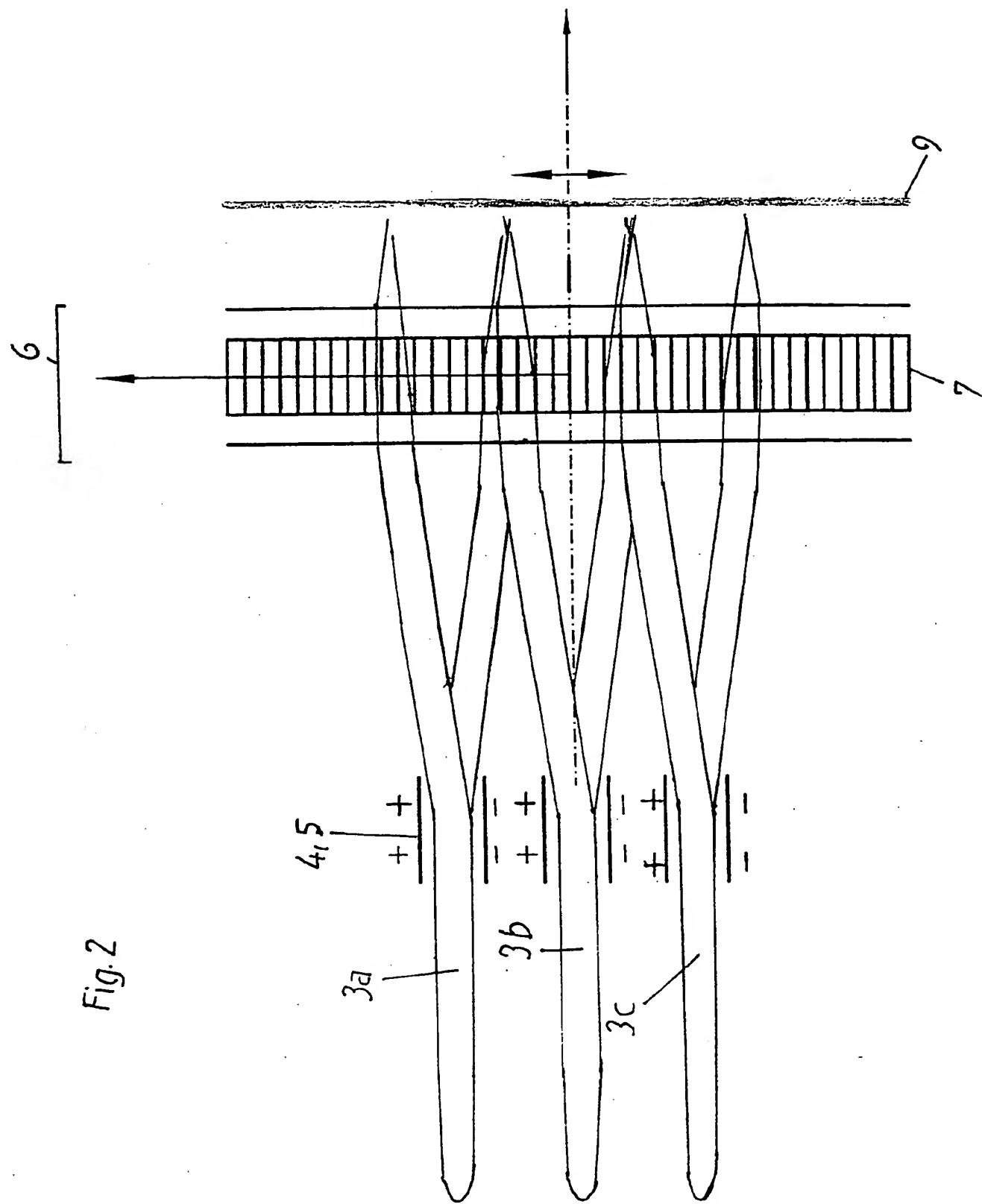


Fig. 2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Interr. Sales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02797

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01J37/30 H01J37/317

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 793 048 A (PETRIC PAUL F ET AL) 11. August 1998 (1998-08-11) Zusammenfassung; Abbildungen ----	1
A	EP 0 660 370 A (IBM) 28. Juni 1995 (1995-06-28) Zusammenfassung; Abbildungen ----	1
A	DE 196 34 456 A (SPEHR RAINER DR) 5. März 1998 (1998-03-05) Zusammenfassung; Abbildungen ----	1,2

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmelddatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmelddatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelddatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

3. Januar 2001

11/01/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schaub, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern	als Aktenzeichen
PCT/DE 00/02797	

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5793048 A	11-08-1998	JP	10188870 A	21-07-1998
EP 0660370 A	28-06-1995	US	5466904 A	14-11-1995
		CA	2131670 A,C	24-06-1995
		JP	2829942 B	02-12-1998
		JP	7201726 A	04-08-1995
		KR	160167 B	01-12-1998
		US	5545902 A	13-08-1996
DE 19634456 A	05-03-1998	WO	9809313 A	05-03-1998
		DE	59701195 D	06-04-2000
		EP	0920709 A	09-06-1999
		ES	2147015 T	16-08-2000

ENGLISH TRANSLATION

WO 01/22469

PCT/DE00/02797

Electron optical lens arrangement with a greatly displaceable axis

- The invention relates to an electron optical lens arrangement with a greatly displaceable axis, in particular for electron lithography, and with a cylindrical lens and a quadrupole field whose plane of symmetry runs in the central plane of the slit of the cylindrical lens, the focusing plane of the quadrupole being aligned in the direction of the slit, and the focusing refractive power of the cylindrical lens being twice as large in absolute value as that of the quadrupole.
- One of the main fields of application of electron beam lithography is the fabrication of electronic components and integrated circuits on the surface of disk-shaped semiconductor crystals (wafers). Their targeted down-scaling requires the writing of structures of the smallest possible size. The decisive advantage over optical lithography consists in the fact that the wavelengths of the electrons are substantially smaller by comparison with the light, and thereby permits the imaging of smaller structures. Furthermore, electron beam writing machines have the capability of writing very small structures quickly but, by comparison with photooptical projections, they have the disadvantage of a longer exposure time, the necessity for producing a good vacuum and of a stage that can be moved quickly and precisely in the image plane, this requirement resulting from the fact that the known electron optical deflecting elements are able to deflect the beam with few errors only in the millimeter range. For this reason, electron beam lithography has so far chiefly been used to fabricate masks for optical lithography and to fabricate custom chips where the time required is of lesser importance.

Goto and Soma, published in the journal "Optik" 48, 255 - 270 MOL (moving objective lense), 1977, propose to superimpose on a round lens field deflecting fields 5 which can be used to expand the image field, something which is still insufficient to yield an image field with the extent of a wafer, and so the bore diameter of the round lens continues to limit the useful image field in a decisive way. In addition, it is still 10 necessary to have a workpiece holder that can be moved in a plane perpendicular to the electron beam in two dimensions, of which the efficiency of the system and the minimum size of the structures that can be produced depend on the accuracy of movement, and the speed of 15 movement of the holder determines the maximum writing speed.

Known for the purpose of focusing charged particles are cylindrical lenses (H. Rose, Optik 36, 1971, pages 20 19 - 36), in the case of which, for the purpose of generating the electric or magnetic field, the electrodes or pole shoes have a slit-shaped opening whose longitudinal axis is aligned perpendicular to the optical axis, said longitudinal axis defining with the 25 optical axis a plane that describes the central plane of the cylindrical lens arrangement. Stigmatic imaging is not possible in principle with the aid of cylindrical lenses, since a focusing action occurs only perpendicular to the slit direction, whereas the 30 movement component of the charged particles to be imaged experience no deflection parallel to the slit (or vice versa). The rod-shaped astigmatic point images obtained are unsuitable for imaging. PCT/DE 97/05518 discloses an electron optical lens arrangement in the 35 case of which the cylindrical lens is superimposed on a quadrupole field and is arranged in such a way that the focusing plane of the quadrupole is aligned in the direction of the slit of the cylindrical lens and, consequently, the defocusing plane runs perpendicular

thereto given coaxial optical axes. Consequently, the focusing is performed in one of the slit planes through the quadrupole field, and in the plane, running perpendicular thereto, through the cylindrical lens,
5 whose power is to be set such that elimination of the defocusing component of the quadrupole field occurs. If the focusing action is identically adjusted in the two planes running perpendicular to one another, the combination of the two lenses yield stigmatic images.

10

Starting from here, the invention has adopted the object of providing an electron-optical lens arrangement which has a very large operating range in terms of one direction, and permits the beam to impinge
15 substantially always perpendicularly on the object even in the regions far removed from the center.

This object is achieved according to the invention by virtue of the fact that

- 20 - a deflecting system for the charged particles is connected upstream in the plane of the slit of the cylindrical lens, and
- present in the direction of the slit of the cylindrical lens are a plurality of electrodes or pole
25 shoes that generate a quadrupole field and can be excited individually and preferably successively, and
- the quadrupole field is displaced in accordance with the deflection of the particle beam in such a way that the particle beam impinges in the region of the
30 quadrupole field, and
- a holder for the object is present that can be displaced perpendicular to the optical axis and to the direction of the slit of the cylindrical lens.

35 The core idea of the invention consists in connecting upstream of the electron-optical lens arrangement consisting of cylindrical lens and quadrupole field a deflecting system that displaces the particle beam, normally consisting of electrons, in a substantially

axially parallel fashion and in the direction of the slit of the cylindrical lens, and the quadrupole field is produced at the point of impingement of the particle beam within the lens arrangement. The spatial
5 displacement of the quadrupole field is performed electronically, that is to say the quadrupole field is excited in the region of the point of impingement of the particle beam by actuating the electrodes (in the case of electric lenses) or pole shoes (in the case of
10 magnetic lenses) located there. It is fundamentally possible to perceive two principles for the particular structural implementation: firstly, the quadrupole field can be displaced discontinuously in the direction of the slit of the cylindrical lens, this being done in
15 jumps such that when the particle beam is continuously displaced it generally passes through the lens arrangement somewhat outside the axis of the quadrupole field. These slight deviations from the axis of the quadrupole field allow the production of electron
20 optical aberrations which are, however, so small because of the slight deviations that they are unable appreciably to impair the quality of the optical imaging. Also conceivable, in addition, are arrangements in which the quadrupole field is displaced
25 in the direction of the slit of the cylindrical lens in a synchronous fashion with the deflection of the particle beam and thus continuously. A corresponding adjustment can be achieved by having the particle beam run exactly on the axis of the quadrupole field so as
30 to prevent the occurrence of aberrations produced because the particle beam traverses the quadrupole field off-axis. Because of the fact that the production of the quadrupole field is provided for by the structural arrangement of electrodes and pole shoes
35 that require their own space and are therefore of finite extent in the direction of the slit of the cylindrical lens, the displacement of the quadrupole field in infinitesimally small steps turns out to be theoretically desired but can only be approximated in

practice. In the proposed arrangement, the particle beam will impinge on the object essentially perpendicularly and with an unchanged optical imaging quality even in the regions far removed from the middle
5 of the object. It is therefore possible without loss of quality for the particle flux to be displaced over a region as delimited by the width of the slit of the cylindrical lens. The result is that an exact optical imaging can be undertaken along a straight line running
10 in the direction of the slit of the cylindrical lens. The restriction of the image field caused by the bore of the round lenses is eliminated.

By contrast with the previous arrangements of electron
15 lithography for writing the object, in which a two-dimensional displacement perpendicular to the electron beam carried out mechanically was mandatory, something which is known to entail a substantial restriction of efficiency, the object is henceforth to be displaced in
20 a direction perpendicular to the slit of the cylindrical lens, but still in a plane running perpendicular to the optical axis, and consequently only in one dimension. In addition, a one-dimensional displacement in conjunction with low speed permits work
25 to be substantially more precise.

The use takes place substantially in a way known per se by fixing the object, which will frequently be a semiconductor wafer in the case of electron
30 lithography, such that it can be displaced mechanically in one dimension perpendicular to the optical axis and also to the slit of the cylindrical lens. Proceeding perpendicular thereto is the writing by the particle beam with the aid of the previously described electron-optical lens arrangement, this being done in a very long linear region that runs in the direction of the slit of the cylindrical lens and along which good stigmatic imaging of all the points becomes possible. Imaging without distortion can be performed with the

aid of the arrangement described above in conjunction with a resolution of 0.025 micrometers and an axial spacing of 5 mm. The result is a clear magnification of the region of high optical quality, imaged in a linear fashion, running in the direction of the slit of the cylindrical lens. Perpendicular thereto, that is to say in the direction of displacement of the object, the imaging quality is further determined by the accuracy of displacement of the mechanics, it remaining to be pointed out that the one-dimensionality and the slower displacement permits the mechanics to operate substantially more precisely.

It remains basically open in the scope of the invention whether quadrupole and/or cylindrical fields are produced electronically or magnetically. It has been found expedient for the cylindrical and/or in particular the quadrupole field that is to be displaced to be selected electrically, because then a quick field displacement is possible by circumventing instances of remanence and eddy currents.

For the purpose of the concrete implementation of the electric quadrupole field that can be displaced in the direction of the slit of the cylindrical lens, the middle electrode of the cylindrical lens is subdivided in the direction of the slit into individual individual electrodes that are electrically isolated from one another and can be driven individually. In order to displace and to produce the desired electric field, the individual electrodes are successively placed under an appropriate voltage. The successive driving of the neighboring electrodes effects the desired displacement.

In order to reduce a large number of second-order aberrations caused by the curved optical axis, it is preferred to select the fields and, as a result thereof, the fundamental tracks to be symmetrical relative to the central plane of the lens.

So far a description has been given of an arrangement in which a single source (electron source) generates the particle beam for writing the object, and deflects it in the way described above. A substantial expansion 5 of the image field in the direction of the straight line which images without aberration and runs in the direction of the slit of the cylindrical lens can be achieved by arranging a plurality of the previously described arrangements parallel to one another and next 10 to one another in the direction of the slit of the cylindrical lens such that the imaging regions of neighboring arrangements overlap or in any event at least adjoin one another. Given N similar arrangements, it is then possible to obtain an N-fold image width. 15 Because of the possibility of the synchronous operation of each individual arrangement, the writing period required by an individual arrangement remains valid.

A further possibility for shortening the writing period 20 can be achieved by arranging a plurality of the previously described arrangements perpendicular to the direction of the slit and thus one above another. As a result, the object is written simultaneously in a plurality of regions situated one behind another in the 25 direction of movement of the object, and so a particle beam need cover only a single subregion. The displacement of the object now has to be performed only such that the beam need cover only the region assigned to it.

30 The deflecting systems acting in the plane of the slit of the cylindrical lens and connected upstream thereof are intended to ensure that impingement on the object is as perpendicular as possible, that is to say the 35 particle beam is to be offset in an axially parallel fashion. For this reason, it is recommended to construct the deflecting system from two elements that are arranged one behind another in the direction of the particle beam and that deflect in two opposite

directions, that is to say the beam is deflected away from the optical axis in the first element and aligned in an axially parallel fashion in the second element. The spatial arrangement of the elements relative to one another and to the cylindrical lens is basically arbitrary in this case. A simple structural implementation could consist in arranging the second element in the input region of the cylindrical lens by providing a dipole. It is important to ensure the paraxiality of the beam in conjunction with different deflections. In the most general case, the question of the conversion of the deflection, be this by means of electric or magnetic fields, is fundamentally arbitrary.

15

With regard to the deflecting system connected upstream of the lens arrangement, an implementation is preferred in which in addition to a static magnetic there is provided a second, temporally varied magnetic field connected upstream in the direction of the beam path. By differentially activating the latter field, the particle beam is displaced in an axially parallel fashion in the direction of the slit of the cylindrical lens.

25

It is advantageous to select the shaping of the pole shoe of the static magnetic field such that paraxiality relative to the incoming particle flux is produced independently of the deflection of the emerging particle flux.

Further details, advantages and features of the invention can be gathered from the following part of the description in which an exemplary embodiment of the invention is explained in more detail with the aid of the drawing, in which:

Figure 1 shows a schematic block diagram of the lens arrangement according to the invention, and

Figure 2 shows N arrangements in the direction of the slit of the cylindrical lens next to one another.

5

The lens arrangement reproduced in figure 1 can be subdivided into three regions in terms of its basic construction:

- 10 The particle flux proceeds from elements that generate the charged particles, for example the electrons,- this taking place in element 1 - and subsequently focus them in order to produce a beam (element 2). In this case, the optical axis (3), indicating a curved path, is reproduced by a dashed and dotted line.
- 15 Adjoining the region where particles are generated is that where they are deflected, and this is composed in the direction of the beam path of a first magnetic field (4) and a second magnetic field (5) adjoining the latter, a different deflection being produced in the first field (4) by changing the magnetic field strength, and a substantially paraxial alignment of the particle flux being produced by the further, but static magnetic field (5). Because of the deflecting system (4, 5), the result is a paraxial offset whose distance 20 from the central axis can be set. The actual imaging is performed in the last region, which is constructed from a cylindrical lens (6) with a middle electrode (7) designed as a comb lens. A quadrupole field can be 25 produced at different points by successively applying a voltage of suitable magnitude to the individual electrodes. The drive has to be performed so as to excite at the point where the particle beam impinges a quadrupole field of such a strength that the plane running in the direction of the slit is focused onto 30 the image point, and focusing onto the same image point takes place likewise in the plane running perpendicular thereto, because of the overlapping of the field of cylindrical lens and quadrupole, and of suitable setting of the cylindrical field the result being a 35

process of stigmatic imaging. Stigmatic imaging becomes possible in a straight line extending over the entire width of the slit by successively deflecting the particle flux and correspondingly displacing the 5 quadrupole field. In order to be written in two dimensions, the object (9) denoted as "wafer" must be displaced in a plane running perpendicular to the optical axis, specifically perpendicular to the direction of the slit. By comparison with the prior 10 art, there is now a need for the object to be displaced in one dimension and relatively slowly.

Figure 2 shows a lens arrangement with three devices of the previously described type that are arranged 15 parallel to one another. Three bundles (3a, 3b, 3c) are illustrated which are displaced in the direction of the slit of the cylindrical lens (6) by means of a deflecting system (4, 5) characterized as the condenser. The fields adjoin one another in this case. 20 The cylindrical lens (6) consists of a comb-like middle electrode (7) which are activated successively and individually in order to produce quadrupole fields. By contrast with the arrangement described in figure 1, the particle flux is slightly inclined to the optical 25 axis through the cylindrical lens arrangement. The particle flux then impinges on the object (9), denoted as wafer, in a known way. The result is an image field that can be written on and which, given N arrangements, yields an image field that corresponds to the N-fold 30 multiple of the scanning range of an individual lens arrangement. The result is a further expansion of the image field in the direction of the slit of the cylindrical lens.

PATENT CLAIMS

1. An electron-optical lens arrangement with a greatly displaceable axis, in particular for electron lithography, and with a cylindrical lens (6) and a quadrupole field whose plane of symmetry runs in the central plane of the slit of the cylindrical lens (6), the focusing plane of the quadrupole being aligned in the direction of the slit, and the focusing refractive power of the cylindrical lens being twice as large in absolute value as that of the quadrupole,
characterized in that
 - a deflecting system (4, 5) for the charged particles is connected upstream in the plane of the slit of the cylindrical lens (6), and
 - present in the direction of the slit of the cylindrical lens (6) are a plurality of electrodes or pole shoes that generate a quadrupole field and can be excited individually and preferably successively, and
 - the quadrupole field is displaced in accordance with the deflection of the particle beam in such a way that the particle beam impinges in the region of the quadrupole field, and
 - a holder for the object (9) is present that can be displaced perpendicular to the optical axis and to the direction of the slit of the cylindrical lens (6).
2. The lens arrangement as claimed in claim 1, characterized in that the cylindrical (6) and/or quadrupole field are electric.
3. The lens arrangement as claimed in claim 1 or 2, characterized in that the middle electrode (7) of the cylindrical lens (6) is subdivided in the direction of the slit into individual regions that are isolated from one another electrically and can be driven individually (comb lens).

4. The lens arrangement as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the fields run symmetrically relative to the central plane of the
5 lens.

5. The lens arrangement as claimed in one of the preceding claims, characterized by a plurality of arrangements adjoining one another contiguously in the
10 direction of the slit of the cylindrical lens (6).

6. The lens arrangement as claimed in one of the preceding claims, characterized by a plurality of arrangements one above another perpendicular to the
15 direction of the slit.

7. The lens arrangement as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the deflecting system consists of two elements arranged one behind
20 another in the direction of the particle beam and deflecting in opposite directions, by means of which an axially parallel beam offset is produced.

8. The lens arrangement as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the deflecting system (4, 5) is constructed from a static magnetic field (5) and a second, temporally variable magnetic field (4) arranged upstream in the direction of the beam input.
30

9. The lens arrangement as claimed in claim 8, characterized in that the shaping of the pole shoe of the static magnetic field (5) is selected in such a way that the emerging particle flux runs parallel to the
35 incoming particle flux independently of the deflection.

1/2

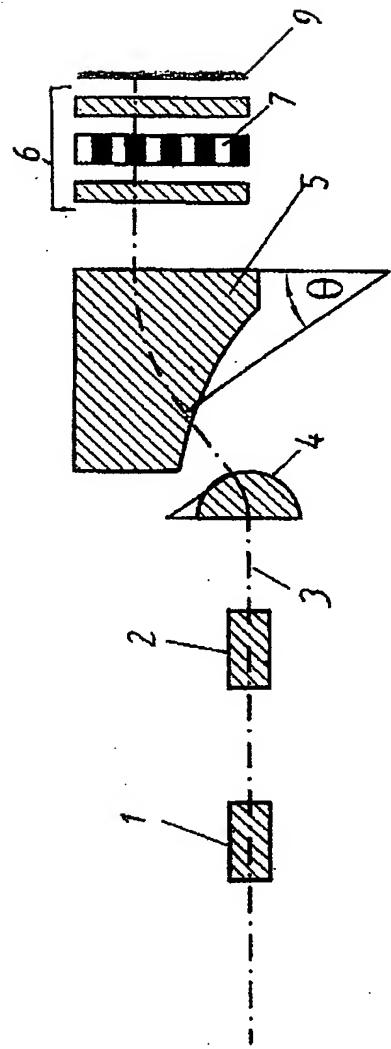


Fig. 1

